

# “双碳”目标下拓展农村新能源汽车市场渗透 研究与建模分析

——以湘西自治州为例

沈馨娅, 彭欣艳, 谢芷寒, 肖婷, 谭伟\*

吉首大学数学与统计学院, 湖南 吉首

收稿日期: 2024年2月18日; 录用日期: 2024年4月2日; 发布日期: 2024年4月15日

## 摘要

针对农村新能源汽车市场渗透评价, 从生产要素、区域内需求、相关及支持产业、政府政策竞争力四方面出发, 建立层次分析法(AHP)、变异系数法基于优劣解距离法(TOPSIS)和模糊综合评价法相融合的综合评价模型。采用定性定量相结合的方法, 对我国湘西自治州农村地区农村新能源汽车市场渗透进行评价, 得出相关结果, 同时对如何解决农村新能源汽车市场渗透与推广的问题提出相关的建议, 以助于促进乡村振兴并更好满足农村居民的机动化和绿色化出行, 从而拓展农村新能源汽车市场。

## 关键词

变异系数法, 模糊综合评价法, 层次分析法, 农村新能源汽车, 优劣解距离法, 市场渗透

# Research and Modeling Analysis on Expanding the Penetration of Rural New Energy Vehicle Market under the “Double Carbon” Goal

—Taking Xiangxi Autonomous Prefecture as an Example

Xinya Shen, Xinyan Peng, Zhihan Xie, Ting Xiao, Wei Tan\*

School of Mathematics and Statistics, Jishou University, Jishou Hunan

Received: Feb. 18<sup>th</sup>, 2024; accepted: Apr. 2<sup>nd</sup>, 2024; published: Apr. 15<sup>th</sup>, 2024

\*通讯作者。

文章引用: 沈馨娅, 彭欣艳, 谢芷寒, 肖婷, 谭伟. “双碳”目标下拓展农村新能源汽车市场渗透研究与建模分析[J]. 国际会计前沿, 2024, 13(2): 186-193. DOI: 10.12677/fia.2024.132023

## Abstract

For the evaluation of rural new energy vehicle market penetration, a comprehensive evaluation model integrating the hierarchical analysis method (AHP), the coefficient of variation method based on the distance between superiority and inferiority solutions (TOPSIS), and the fuzzy comprehensive evaluation method is established from the four aspects of the factors of production, the intra-regional demand, the related and supporting industries, and the competitiveness of the government policies. Using a combination of qualitative and quantitative methods, we evaluate the rural new energy vehicle market penetration in the rural areas of Xiangxi Autonomous Prefecture in China, derive the relevant results, and at the same time put forward relevant suggestions on how to solve the problems of rural new energy vehicle market penetration and promotion, in order to help promote rural revitalization and to better satisfy the motorized and green trips of the rural residents, so as to expand the rural new energy vehicle market.

## Keywords

Coefficient of Variation Method, Fuzzy Comprehensive Evaluation Method, Hierarchical Analysis Method, Rural New Energy Vehicles, Merit Solution Distance Method, Market Penetration

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着我国第 75 届联合国大会上正式提出“双碳”目标后，电动汽车产业成为“双碳”背景下不可忽视的新兴产业。电动汽车的发展，特别是在“双碳”目标下，对于中小城市与农村新能源汽车市场渗透现状研究与分析具有重要的理论意义与应用价值。该问题备受国际各界、各专业学者的高度关注与重视，取得了一定的研究成果。

以中国城市农村布局来说，彭华[1]在中国新能源汽车产业发展及空间布局研究一文中指出新能源汽车空间分布的主要影响要素，从消费市场接近性来看，需要有足够的资金对道路、充电桩等公共设施进行投资。再从新能源汽车的发展方向看，本文从市场规模、政策走向、技术趋势等方面对我国新能源汽车产业发展进行了论证。此外，当地的气候与地形也是影响因素之一。张长令[2]以中国汽车工业协会统计的《中国新能源汽车城柳州范本大数据报告》等数据为基础，运用统计分析的方法，发现三线城市的渗透率高于一线城市的渗透率，我国中小城市和广大农村地区新能源汽车市场潜力巨大，是未来新能源汽车市场发展的重心所在。

新能源汽车电力基础设施方面，张俊红[3]指出新能源汽车行业在农村地区发展缓慢的具体原因，并从当前农村新能源汽车基础设施建设情况出发，提出需要国家在加强基础设施建设方面提供政策支持及资金支持的建议。此外，李大成，袁富佳，沈涛，孙伟[4]选取怀来县大南辛堡村作为北方农村地区的代表，通过文献收集、实地调查、面对面访谈等方式，深入农村一线调研该区域新能源电动汽车使用和充电的现状，充分了解农村新能源电动汽车用户在充电过程中遇到的实际困难。

消费者偏好方面，李丹青，郭焱[5]采取问卷调查的方法，利用消费者对新能源汽车的认知度、购买时间和购买价格影响因素的三个二元 Logit 模型来研究新能源汽车的购买决策。并且，张宇清，徐静[6]

在山东农村地区比较分析传统汽车与新能源汽车消费情况后，发现居民的消费观念与外界干扰对新能源汽车的影响十分显著，但通过建立博弈分析模型，得出单一的传统燃油汽车已经难以满足农村市场发展的需要，农村居民选择新能源汽车的可能性大。

地方政府支持方面，赵言溢[7]也通过文献分析、问卷调查、半结构化访谈的研究方法，对新能源汽车产业的可持续发展问题进行了研究。针对新能源汽车产业的政策却逐渐退坡，本研究认为，从财政补贴到去补贴化，去补贴化之下，碳中和背景下这一产业应该受到政策的大力支持，地方政府结合地方实际进行了本地化的政策建构。Alan Jenn *et al.* [8]评估了这些激励措施对电动汽车采用的影响。发现每提供1000美元的退税或税收抵免，电动汽车的平均销量就会增长2.6%。

随着国家政策的大力支持以及新能源技术的不断进步，农村新能源汽车市场正逐步打开，其市场渗透过程呈现出以下特点与研究现状：首先，从基础设施建设方面看，政府正在着力加强农村地区的公共充电设施建设，力求实现充电站和充电桩在适宜使用新能源汽车区域的全面覆盖，包括县县、乡乡的布局，并结合社区、企事业单位、交通枢纽、公路沿线服务区等关键节点进行合理配置。同时，积极探索多元化共享模式，推进既有居住社区充电设施改造，并鼓励在乡村旅游重点村、易地搬迁集中安置区等地增设充电设施，以满足农村地区新能源汽车用户的实际需求。其次，在产品供应及销售策略上，业界积极响应政策导向，新能源汽车企业针对农村消费者的需求特点，开发出更多经济实用且适应农村道路环境的车型，如新能源载货微面、微卡、轻卡等。此外，通过健全二手车评估体系和提供优质的新能源二手车源，拓宽了农村消费者的购车选择范围，同时也推出了消费券补贴、以旧换新奖励等多种购买支持政策，有效激发农村新能源汽车消费潜力。再者，金融支持层面亦有显著进展，金融机构通过降低首付比例、优化贷款利率、延长还款期限等方式，为农村居民购置新能源汽车提供了更为灵活和便利的信贷服务，切实提升了农村消费者的购车意愿和获得感。

然而，尽管取得了一系列成果，农村新能源汽车市场渗透仍面临一些挑战，如充电设施相对滞后、用户对新能源汽车认知度不高、初始购置成本较高等问题。因此，未来的研究方向应进一步聚焦于如何优化资源配置、提升新能源汽车性能价格比、强化农村消费者教育引导以及创新金融服务模式等方面，从而更有效地推动农村新能源汽车市场的深度渗透和全面发展。根据国内外新能源汽车在中国部分省份、农村和外国城市的发展发现仍存在一些问题，学者对于农村新能源汽车产业渗透现状分析的研究较少，且因缺乏数据在研究时过分依赖主观判断，很少从预测模型构建等实证分析的角度展开研究。湖南省湘西州发展新能源汽车产业具有一定资源优势和发展潜力，在应对气候变化、推动绿色发展的战略布局下，发展壮大全州新能源汽车产业具有重要的战略意义和必要性。因此，亟需深入剖析湘西州在“双碳”目标下拓展农村新能源汽车市场的渗透研究，推进电动汽车的可持续发展。本文将深入探索以湘西州为代表的中小型城市、农村新能源汽车市场渗透现状研究，建立评价模型，以期缓解环境污染问题。

## 2. 研究方法及问卷检验

### 2.1. 研究方法

本文采用定性分析与定量分析的方法，采用问卷调查法与访谈相结合的模式对农村新能源汽车市场渗透现状展开调查，为政府和企业提供对策和建议，对拓展农村新能源汽车市场起到一定促进作用。目前部分一线城市新能源汽车渗透率已接近50%，而三四线城市尤其是农村地区的渗透率仅为10%。受总保有量低、充电基础设施建设不足、经济实用车型供给不足、销售服务能力不足等问题的制约，农村地区新能源汽车的推广使用渗透率极低。本文以湘西自治州为例，截至3月湘西州新能源汽车保有量为0.828万辆(纯电动车0.3876万辆)，累计建成投运的充电站点86座(其中公共站21座)；充电桩698个(其中公

共快充桩 370 个, 专用充电桩 205 个)。调查方式主要有网络问卷及现场调研的方式, 共发放问卷 300 份, 回收了 285 份, 其中 258 份问卷有效, 有效率 90.5%。

## 2.2. 正式调查问卷检验

在完成问卷设计后, 发放正式问卷, 共回收了 258 份有效问卷。根据回收问卷对数据进行信度、效度检验以及随机性检验。

### 2.2.1. 信度检验

信度检验指的是对问卷测量结果准确性的分析, 即对设计的问卷在多次重复使用下得到的数据结果的精确性和可靠性检验。同样, 本文采用 Cronbach 系数测量问卷项目的内在一致性, 信度系数越大, 说明测量的可信度越大。

各维度及问卷整体的 Cronbach 系数均大于 0.7, 结果如表 1 和表 2 所示, 由此说明问卷结构与题项设计的科学性及合理性。

**Table 1.** Results of the reliability analysis of the official survey matrix

**表 1.** 正式调查总量表信度分析结果

Cronbach's Alpha	项数
0.767	20

**Table 2.** Results of the reliability analysis of the variables of the formal survey

**表 2.** 正式调查各变量信度分析结果

变量	Cronbach's Alpha	项数
外部因素	0.769	3
可提高措施	0.748	3
节能减排意识	0.759	3

### 2.2.2. 效度检验

效度分析法简单来说就是问卷设计的有效性、准确程度, 用于测量题项设计是否合理。其中效度是测量的有效性程度, 可以表现为量表调查能够准确测出所需测量的事物的程度, 效度越高表明越能达到问卷测验的目的。

同样, 本文采用 KMO 和 Bartlett 球形检验的方法来检验正式问卷的效度。

从表 3 可知, 调查数据的 KMO 检验值为  $0.863 > 0.8$ , Bartlett 球度检验结果显示, 近似卡方值为 1020.733, 显著性概率都为 0.000 ( $P < 0.05$ ), 因此拒绝 Bartlett 球形检验的零假设, 认为量表的效度结构良好。

**Table 3.** Formal questionnaire validity checklist

**表 3.** 正式调查问卷效度检验表

KMO 取样适切性量数		0.863
	近似卡方	1020.733
巴特利特球形度检验	自由度	72
	显著性	0.000

## 2.3. 随机性检验

在对问卷信度及效度进行检验结果良好后,对正式问卷数据质量的随机性进行检验。

对受访者“性别”、“年龄”两方面基本信息进行随机性检验。对于 258 份有效问卷,假设检验问题为:

$H_0$ : 序列样本数据出现样本随机性;

$H_1$ : 序列样本数据出现样本不随机性;

利用 SPSS 软件对题中各个分类变量进行样本随机性检验,取  $\alpha = 0.05$ ,检验值均在  $\pm 1.96$  范围内,即为无法拒绝原假设  $H_0$ ,因此可认为样本数据不违反随机性,继续借助 SPSS 对题中各个变量进行样本随机性检验。检验结果表明大部分变量序列的样本数据顺序均是随机的,因此可以认为本次调查问卷所得到的调查数据随机化程度相对较高,数据质量较高。

## 3. 模型建立与求解

### 3.1. 建立评价指标集合

本研究在综合考虑了新能源汽车产业的特点后,归纳整理了新能源汽车产业市场渗透相关文献研究成果,构建了新能源汽车产业市场渗透评价指标体系。此评价体系包含了生产要素、区域内需求、相关及支持性产业、企业竞争力和政府政策竞争力 4 个一级指标和 10 个二级指标。具体指标,如表 4 所示:

**Table 4.** New energy vehicle industry market penetration evaluation indicator system

**表 4.** 新能源汽车产业市场渗透评价指标体系

一级指标	二级指标
生产要素(A1)	汽车制造业规模以上企业从业人数(万人) (B1)
	汽车制造业规模以上企业数量(家) (B2)
区域内需求(A2)	人均生产总值(元) (B3)
	人均可支配收入(元) (B4)
相关及支持产业(A3)	新能源储能装置配套的生产销售企业(家) (B5)
	新能源驱动电机配套的生产销售企业(家) (B6)
	充电桩总数(万台) (B7)
政府政策竞争力(A4)	行业支持文件(个) (B8)
	新能源推广资金投入(亿元) (B9)
	总研发投入占 GDP 比重(%) (B10)

### 3.2. 模型选择

#### 3.2.1. 基于层次分析——变异系数法的新能源汽车渗透影响因素权重计算

从生产要素方面,选取汽车制造业规模以上企业从业人数、汽车制造业规模以上企业数量两个具体指标,来分析湘西自治州新能源汽车产业生产要素情况。从区域内需求方面,选取湘西自治州人均生产总值、湘西自治州人均可支配收入作为区域内需求的评价指标。从相关及支持产业方面,采用新能源储能装置配套的生产销售企业数量、新能源驱动电机配套的生产销售企业数量、充电桩总数量来体现湘西自治州新能源汽车相关支持性产业的情况。从政府政策竞争力方面,从政府的支持性文件和资金投入的角度来分析政府政策竞争力,具体指标有湘西自治州行业支持文件累计数量、新能源资金投入额及总研

发投入占 GDP 比重。

### 1) 指标同向化

建立评价矩阵  $Y = (y_{ij})_{m \times n}$ ，其中  $m$  为评价指标的数量， $n$  为被评价对象的数目。如果  $m$  个评价指标中有负向指标，即指标值越小表示状况越好的指标，需首先进行指标同向化处理，将其转化为正向指标进行统一处理，正向指标表示指标值越大其反映的状况越优。

$$y'_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{k + \max |Y_i| + y_{ij}} & \text{负向指标} \\ y_{ij} & \text{正向指标} \end{cases} \quad (1)$$

其中： $y'_{ij}$  为正指标评价矩阵  $Y'$  的元素； $\max |Y_i|$  表示指标向量  $Y_i$  所在行元素中的最大值， $k$  一般取 0.1。

### 2) 指标去量纲化

对指标进行同向化处理后得到评价矩阵  $Y'$ ，再对  $Y'$  进行去量纲化处理得到标准矩阵  $Y''$ 。指标的去量纲化处理采用下式进行

$$y''_{ij} = \frac{y'_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n y'^2_{ij}}}, i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

### 3) 指标权重计算

针对去量纲化处理后的标准矩阵  $Y''$ ，分别采用式(3)和式(4)计算指标均值和标准差

$$\bar{y}_i'' = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y''_{ij}, i = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (y''_{ij} - \bar{y}_i'')^2}, i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

利用均值和标准差计算变异系数  $V_i$ ，计算式见式(5)：

$$V_i = s_i / |\bar{y}_i''| \quad (5)$$

如式(6)所示，利用变异系数  $V_i$  可计算各指标的权重  $\omega_i$ ， $m = 10$ 。

$$\omega_i = V_i / \sum_{i=1}^m V_i \quad (6)$$

对上述 10 个因子建立单因子评价准则，在各因子渗透评价的基础上，采用层次分析法设计层次结构模型，并结合变异系数法对 10 个因子进行综合赋权，再将各因子权重值进行叠加，最终得到湘西自治州新能源汽车产业的渗透影响因素权重计算。

## 3.2.2. 模糊 TOPSIS 评价方法进行综合评价

TOPSIS 法是一种用于多指标下实行选择排序的方法，是一种逼近于理想解的排序方法，通过计算贴近系数(closeness coefficient) CC 值，根据被评价目标与理想化目标的接近度进行排序。逼近理想解排序法采用相对接近度来表征各个评价对象与参考点的距离。首先在空间确定出参考点，包括最优和最差点，然后计算各个评价对象与参考点的距离，与最优点越近或与最差点越远说明被评价对象的综合特性越好。具体计算如下。

### 1) 样本点到参考点的距离计算

利用变异系数法确定出的权重，可根据式(7)确定加权数据矩阵  $Y'''$ 。

$$Y''' = Y'' \cdot \omega, i = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

由于指标已经正向化，可以用所有样本中各指标的最大值构成理想样本，用各指标的最小值构成负理想样本，分别用  $Y^+$  和  $Y^-$  表示。

定义样本点到最优点的距离为  $D^+$ ，其计算见式(8)：

$$D_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^m (y_{ij} - y_i^+)^2}, j = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

定义样本点到最劣点的距离为  $D^-$ ，其计算见式(9)：

$$D_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^m (y_{ij} - y_i^-)^2}, j = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

## 2) 相对接近度计算

相对接近度由式(10)计算得出：

$$C_j = \frac{D_j^-}{D_j^- + D_j^+} \quad (10)$$

根据相对接近度  $C_j$  的大小，可以对各评价对象进行排序。 $C_j$  越大表明评价对象与理想样本的相对距离越小，相应评价对象的评价结果越优。

### 3.3. 建立评语集合

评语集合主要是收集评价者对评价指标的评价组成一个集合，从而基于这些评语对评价对象做出综合评价。本文对新能源汽车产业市场渗透的特征进行分析之后，将评语集合设置为 5 个等级，即  $V = (V_1, V_2, V_3, V_4, V_5)$ ，分别对应“渗透指数极低”，“渗透指数较低”，“渗透指数一般”，“渗透指数较高”，“渗透指数极高”5 种评语。将与评语集合相配套的定量评价数值矩阵  $E = (E_1, E_2, E_3, E_4, E_5)$  设置为  $E = (0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9)$ ，分别与  $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5$  相对应。

### 3.4. 模型结果

本文选取湖南省湘西州农村新能源汽车市场作为研究对象，搜集多方面的数据，形成数据集。采用层次分析法(AHP)、变异系数法建立评价指标体系确定指标的权重，建立层次分析法(AHP)、变异系数法基于优劣解距离法(TOPSIS)和模糊综合评价法相融合的综合评价模型。从而对农村新能源汽车市场渗透影响因素进行评价。经计算，湖南省湘西州农村新能源汽车市场的最终渗透指数为 0.5738，表明该地区的渗透指数一般。

## 4. 结论及建议

### 4.1. 研究结论

本文通过整合层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)、变异系数法、基于优劣解距离法(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS)以及模糊综合评价法等多种评价工具，构建了一个全面而复杂的农村新能源汽车市场渗透综合评价模型。这一模型着重从生产要素、区域内需求、相关及支持性产业和政府政策竞争力四个维度出发，对影响农村新能源汽车市场渗透的关键因素进行了细致的量化评估。该模型以严谨的理论基础和实证数据为基础，展现了客观的评判标准和较强的参考价值。

然而，研究也认识到模型存在的局限性。由于学术水平和技术条件的制约，当前的研究可能未能充分涵盖所有可能影响农村新能源汽车市场渗透的因素，尤其是一些潜在的微观层面问题和非量化指标。例如，农村消费者的购买行为特征、电动汽车技术接受度以及特定区域内的环境适应性等复杂因素在现

有评价体系中尚待深入挖掘和完善。因此,未来的研究工作将致力于深化对农村新能源汽车市场的理解,通过持续学习和实地调研,不断丰富和完善评价指标体系,提高其对于现实情况的适应性和指导作用。

## 4.2. 政策建议

在政策层面上,为促进农村新能源汽车市场的有效渗透和可持续发展,本研究提出以下几点关键建议。

首先,着力加强基础设施配套建设是推进农村新能源汽车普及的基础保障。应当组织电力企业、充电桩建设运营企业和地方政府形成合力,协同开展充电设施下乡工程,确保充电桩布局合理且覆盖广泛,尤其是在县乡、交通枢纽、旅游景点、商业中心等关键地点优先建设高质量的公共充电网络,并鼓励利用闲置资源进行充电设施改造升级。

其次,优化农村地区的汽车使用环境,包括改善道路交通条件、提供便捷高效的维修保养服务、完善售后服务网络,以及推动智能网联和数字化服务在农村地区的应用,以提升新能源汽车用户的整体体验感和满意度。

再者,政府、汽车制造企业和金融机构应联手加大扶持力度,不仅要在财政补贴、购车优惠等方面给予农村居民实质性支持,还应在金融信贷上创新产品和服务,如降低首付比例、提供灵活低息贷款方案,切实减轻农村消费者的购车负担,增强其购买新能源汽车的动力。

此外,针对农村市场的特点,应引导和支持汽车制造商加大对适合农村使用的新能源汽车的研发投入,特别是对载货型微面、微卡、轻卡等车型进行重点研发和改良,同时结合农村居民的消费需求和使用习惯,精选一批性能可靠、口碑良好、性价比高的新能源汽车车型推广到农村市场,以满足广大农村消费者多元化、实用化的需求。通过举办各类下乡促销活动,加强宣传与教育,培育农村新能源汽车消费市场,加速新能源汽车在农村地区的渗透进程。

## 参考文献

- [1] 彭华. 中国新能源汽车产业发展及空间布局研究[D]: [博士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2019.
- [2] 张长令. 中国新能源汽车市场机制分析及发展趋势展望[J]. 中国经济评论, 2021(11): 104-111.
- [3] 张俊红. 加快农村新能源汽车基础设施建设发展的意义[J]. 广东蚕业, 2020, 54(7): 138-139.
- [4] 李大成, 袁富佳, 沈涛, 孙伟. 浅谈北方农村地区新能源电动汽车充电问题及发展建议——以大南辛堡村为例[J]. 时代汽车, 2023(4): 104-106.
- [5] 李丹青, 郭焱. “双碳”目标下消费者对新能源汽车的认知及购买决策研究: 基于武汉市的调查[J]. 湖北社会科学, 2022(8): 55-65.
- [6] 张宇清, 徐静. 山东农村地区传统汽车与新能源汽车消费情况的比较分析[J]. 安徽农学通报, 2020, 26(10): 163-166.
- [7] 赵言溢. 从财政补贴到绿色治理: 去补贴化背景下新能源汽车产业可持续发展及其实现路径研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海财经大学, 2022.
- [8] Jenn, A., Springel, K. and Gopal, A.R. (2018) Effectiveness of Electric Vehicle Incentives in the United States. *Energy Policy*, **119**, 349-356. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.04.065>